

# **ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ РАЗРУШЕНИЮ ЖЕЛЕЗНЫХ МЕТЕОРИТОВ ПРИ УДАРНЫХ ИСПЫТАНИЯХ**

***Пятков А. А., Козловских Е. С.***

*Руководители – доц. Гроховский В.И., проф. Гладковский С.В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

toxa06@e1.ru

В последние годы исследованию вещества внеземного происхождения (метеориты, грунт Луны, Марса, астероидов) уделяется особое внимание, как из-за активизации программ по изучению тел Солнечной системы, так и вследствие осознания кометно-астероидной опасности для Земли. Несомненно, что характер разрушения метеороидов любой природы в земной атмосфере и при ударном образовании кратеров определяется его прочностными характеристиками [1]. Однако к настоящему моменту в научной литературе данные о прочности метеоритов весьма ограничены, а исследования по влиянию состава и структуры метеоритного вещества на прочностные свойства с позиций механики разрушения практически не велись. Это, вероятно, благодаря тому факту, что не было мотивации для получения таких данных. К тому же, метеоритное вещество на Земле является относительно редким, а для приготовления образцов при стандартных испытаниях требуется значительное количество вещества, и вследствие этого не было желания расходовать его в механических испытаниях [2].

В настоящей работе рассмотрены результаты испытаний метеоритного вещества на разрушение при ударном динамическом нагружении. Многолетняя работа полевых отрядов Метеоритной экспедиции УГТУ-УПИ позволила получить достаточное количество материала для проведения таких экспериментов. Испытания образцов проводились на инструментированном копре Tinius Olsen IT542 при комнатной и пониженной температурах с записью диаграмм ударного нагружения в координатах «нагрузка на ударном ноже – прогиб образца» и «энергия разрушения-время». Характеристики ударной вязкости определялись на стандартных образцах, вырезанных из октаэдрита Сихотэ-Алинь (монокристаллический и поликристаллический фрагменты, 5,9 вес. % Ni), ударно-нагретого метеорита Дронино (9,8 вес. % Ni), атаксита Чинге (17,0 вес. % Ni).

Исследования изломов после разрушения образцов проводилось в ЦКП УГТУ-УПИ на установке JEOL JSM-66490LV и в лаборатории конструкционного материаловедения Института машиноведения УрО РАН на растровом электронном микроскопе TESCAN VEGA.

По полученным данным были рассчитаны значения ударной вязкости KCU, полная работа разрушения A, работа зарождения  $A_3$  и распространения трещин  $A_p$  (таблица 1).

Таблица 1. Результаты ударных испытаний метеоритов

N	Фрагменты метеоритов	300K		77K	
		KCU, кДж/м <sup>2</sup>	Ap/A	KCU, кДж/м <sup>2</sup>	Ap/A
1	Сихотэ-Алинь ПАВ, монокристалл №1	103	0,67	-	-
2	Сихотэ-Алинь ПАВ, монокристалл №2	137	0,84	-	-
3	Дронино, железный, аномальный №1	218	0,29	-	-
4	Дронин, железный, аномальный, поликристалл №2	1500	0,95	-	-
5	Дронино, железный, аномальный №3	2070	0,84	-	-
6	Дронино, железный, аномальный №4	-	-	47,2	0,59
7	Чинге IVB №1	2210	0,79	-	-
8	Чинге IVB №2	-	-	1170	0,50

Самой большой ударной вязкостью обладает метеорит Чинге. Чуть меньшие значения KCU установлены для вещества железного метеорита Дронино. В обоих случаях структура металла представляет дисперсную смесь фаз. Поверхность разрушения этих образцов имеет ямочное строение, характерное для вязкого излома (рисунок 1). Для образцов из вещества метеорита Сихотэ-Алинь невысокие значения ударной вязкости обусловлены преобладанием транскристаллитного скола в  $\alpha$ -Fe(Ni, Co).

Для вещества метеоритов Дронино и Чинге с высокими значениями KCU были проведены испытания образцов метеоритов, охлажденных до температуры жидкого азота (77 K). Ударная вязкость образцов, испытанных при пониженной температуре, меньше ударной вязкости образцов при комнатной температуре, что было ожидаемо. Однако для образцов метеорита Дронино энергия разрушения при пониженной температуре уменьшилась в 44 раза, когда для образцов метеорита Чинге всего лишь в 1,9 (таблица 1). Это может быть связано с различным структурным составом данных метеоритов. Наиболее высокие значения KCU как при комнатной температуре, так и при температуре жидкого азота

отмечены для вещества высоконикелевого атаксита Чинге, имеющего субмикроскопическую структуру, состоящую из смеси дисперсионных  $\alpha$ -Fe(Ni, Co),  $\alpha_2$ -Fe(Ni, Co) и  $\gamma$ -Fe(Ni, Co) фаз.

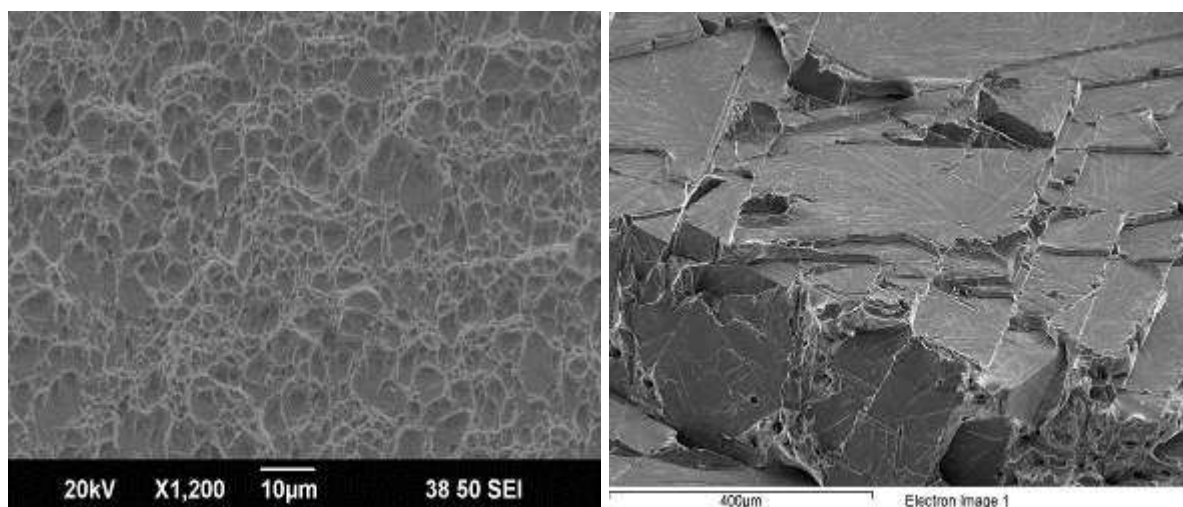


Рисунок 1. Микростроение изломов метеоритов, 300К:  
а) Дронино, б) Сихотэ-Алинь

Похожие результаты были получены при испытаниях на образцах Шарпи с V-образным надрезом [3, 4]. При температуре 195 К образец атаксита Нова показал абсолютно вязкий характер разрушения и значение ударной вязкости составило  $KCV = 864,5 \text{ кДж/м}^2$ , а Henbury абсолютно хрупкий,  $KCV = 84,8 \text{ кДж/м}^2$ . Образец атаксита Нова при 77 К разрушился абсолютно хрупко, при этом  $KCV = 88,1 \text{ кДж/м}^2$ .

Таким образом, впервые получены численные значения механических характеристик при ударном нагружении образцов из вещества метеоритов различных типов. Показано, что значения ударной вязкости при комнатной температуре и температуре жидкого азота, доля работы распространения трещины определяются как макро-, так и микроструктурой метеоритного вещества. Наиболее высокие механические характеристики при ударных испытаниях наблюдаются у атаксита Чинге, структура которого представлена смесью субмикроскопических фаз.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Кадры» НК-605П\_19 № П1154 и гранта РФФИ 10-05-96047-p\_урал\_a.

Используемые литературные источники:

1. Катастрофические воздействия космических тел. [Текст]/ Под ред. В.В. Адушкина и И.В. Немчинова. Институт динамики геосфер РАН. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. 310 с.
2. Petrovic J.J. Review: Mechanical properties of meteorites and their constituents. J. Materials Sc, 2001, №36, pp. 1579-1583.
3. Remo J. L. and A.A. Johnson, «A preliminary study of the ductile-brittle transition under impact conditions in material from an octahedrite», J. Geophys. Res. 80 (1975) 3744.
4. A.A. Johnson, Remo J. L. and R.B. Davis, «The low temperature impact properties of the meteorite Hoba», J. Geophys. Res. 84 (1979) 1683.